AUTOMATIZACIÓN DE UN TRIBÓMETRO MEDIANTE UN PLC

[1]González Viveros Naara, [1]López Velázquez Andrés, [1]Alvarez Sánchez Ervin Jesús, [1]Aldana Franco Rosario, [1]Jiménez García Cuitlahuac, [2]García González Leandro, [2]Hernández Quiroz Teresa, [2]Hernández Torres Julián

[1]Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Campus Xalapa. Universidad Veracruzana, Zona Universitaria, Xalapa, Veracruz., México.
Teléfono: 01 (228) 8421757,

[2]Centro de Investigación en Micro y Nano Tecnologías, Facultad de Ingeniería, Campus Veracruz, Universidad Veracruzana, Calzada Adolfo Ruíz Cortínez No. 455, Fracc. Costa Verde, Boca del Río, Veracuz., México.
Teléfono: 01 (229)7752000 25206

imeviveros@hotmail.com, andlopez@uv.mx, ervin.alvarez@gmail.com, rosario_aldana@yahoo.com.mx, cuicaras@msn, leagarcia@uv.mx, terhernandez@uv.mx, julihernandez@uv.mx

RESUMEN.

En este trabajo se presentan todas las actividades realizadas para la automatización de un tribómetro del tipo "Pin sobre disco". El método consiste en montar un pin en forma perpendicular respecto de un disco. El pin se presiona sobre el disco, el cual está en movimiento, con una carga específica, como consecuencia de ello, se forma un camino de desgaste en el disco, lo cual permite evaluar la resistencia al desgaste de los materiales. Para la automatización del tribómetro se utilizó un PLC de la marca FESTO modelo FC660, la programación se realizó mediante el software WIN FST 4.10. Con base en los requerimientos operativos del tribómetro, para su automatización, fue necesario diseñar y construir una fuente de voltaje para satisfacer los consumos de los diferentes instrumentos y sensores utilizados, entre ellos el PLC, variador de frecuencia, sensor de temperatura infrarrojo, celda de carga, y relevadores magnéticos. Con la automatización de este tribómetro se aporta un sistema sencillo, seguro y muy práctico para el desarrollo de ensayos tribológicos.

ABSTRACT.

In this paper we present all activities for the automation of a type tribometer "Pin on disk". The method comprising mounting a pin in the form of a disk perpendicular. The pin is pressed onto the disc, which is moving with a specific load, as a result, forms a wear track on the disc, which allows to evaluate the wear resistance of materials. For the automation of the tribometer was used brand PLC FESTO FC660 model, programming is performed using FST 4.10 WIN software. Based on the operational requirements of the tribometer, for automation, it was necessary to design and build a voltage source to meet the consumption of the different instruments and sensors used, including the PLC, frequency converter, infrared temperature sensor, cell charge, and magnetic relays. With the automation of this tribometer is provided a simple, safe and very practical for the development of tribological tests.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las diferentes tecnologías (mecánica, eléctrica ó química, por ejemplo) a lo largo de la primera mitad del siglo XX dio lugar a un incremento paulatino de la complejidad de los sistemas e hizo que se incrementaran las variables físicas que tienen que ser sensadas y controladas. Sin embargo, el control de dichas variables no puede ser realizado de manera directa por el ser humano, pues este se ve limitado por la capacidad de acción de sus manos, la sensibilidad y rapidez de respuesta a los estímulos que recibe a través de sus sentidos.[7]
Lo anterior motivó el desarrollo de equipos capaces de procesar y memorizar datos de variables físicas, que constituyen sistemas de tratamiento de la información. Fue el descubrimiento de la electricidad y su posterior dominio tecnológico a través de la electrónica, lo que permitió el desarrollo de sistemas que memorizan y procesan información mediante señales eléctricas con un consumo energético muy pequeño, hechos que han permitido reducir paulatinamente su tamaño y su costo.

 Derechos Reservados © 2013, SOMIM

Un ejemplo de los sistemas descritos previamente son los PLC (Siglas de Programable Logic Controller - Controlador Lógico Programable) los cuales se pueden definir como un sistema electrónico que está destinado a automatizar, dentro de un entorno industrial, máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales [7]. El sistema consta de hardware estándar, con capacidades de conexión directa a los niveles de tensión y corrientes compatibles con los sensores y actuadores industriales, de tal manera que pueda ser programado por el usuario en un lenguaje no informático para que desempeñe una determinada función.

En sus comienzos, los controladores se limitaban a realizar procesos secuenciales repetitivos y se programaban exclusivamente con listas de instrucciones usando equipos de programación pesados y voluminosos. Sin embargo, a partir de la aparición de los microcontroladores, los equipos incrementaron su capacidad de manejo de datos y de realizar operaciones aritméticas sencillas. A medida que estas operaciones fueron más complejas, los controladores pudieron tomar los datos en forma numérica, resolver ecuaciones y generar señales correctivas al proceso, conocidas comúnmente como lazo cerrado.

Por otra parte, la comunicación cada vez más sencilla con computadoras permitió utilizarlas para la programación y el almacenaje de los proyectos en archivos para facilitar su estudio. Aunado a esto, el desarrollo de memorias con cada vez más capacidad de almacenamiento en menor espacio hizo que los controladores también disminuyeran su tamaño, contribuyendo la reducción de espacios en tableros, y permitiendo guardar programas cada vez más grandes y complejos.

Junto con la evolución de las comunicaciones se creó una gran variedad de paneles de operación e indicación, brindándole al usuario del sistema, máquina o proceso, una interfaz de operación gráfica, sencilla y de fácil manejo.

Con la finalidad de liberar al hombre de manipulaciones repetidas que requieren poco o ningún esfuerzo mental, se automatizó el tribómetro del tipo pin disco.

Un tribómetro es un equipo mediante el cual se puede determinar la resistencia al desgaste de un material cuando se pone en contacto con otro y existe movimiento relativo entre ellos, en un determinado medio [1].

En los ensayos tribológicos intervienen múltiples variables que deben ser monitoreadas y controladas para obtener resultados confiables acerca de las pruebas realizadas. Es por ello que este trabajo se enfoca en la automatización y control de un tribómetro del tipo pin sobre disco.

DESARROLLO

El método pin sobre disco es uno entre los varios que existen para el estudio y la determinación de la fricción y el desgaste de los materiales [9]. El método consiste en montar un pin en forma perpendicular respecto de un disco. El pin se presiona sobre el disco, el cual está en movimiento, con una carga específica, como consecuencia de ello, se forma un camino de desgaste en el disco, ver Figura1. La norma ASTM G99-95 describe los parámetros de prueba, como es la carga, velocidad de giro, temperatura, tiempo y posición, entre otros, así como la selección de los mismos para desarrollar ésta, en una forma adecuada.

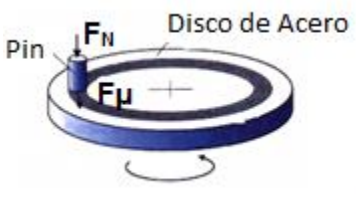

Figura1. *Principio del método Pin-Disco*

Para el caso específico de la automatización del tribómetro al que se refiere este trabajo, se tomaron en consideración los requerimientos que a continuación se enlistan:

- Movimiento horizontal y vertical mediante motores de corriente directa.
- Activación y control mediante un variador de frecuencia de un motor trifásico.
- Control de aplicación de fuerza de un sistema hidráulico mediante un pistón, utilizando una celda de carga.
- Medición de temperatura mediante un sensor infrarrojo sin contacto
- Control de posición por medio de relevadores magnéticos.

Con base en los requerimientos anteriores para la automatización del tribómetro pin sobre disco, es necesario diseñar y construir una fuente de voltaje atendiendo los consumos mostrados en la tabla 1.

 Derechos Reservados © 2013, SOMIM

***Tabla 1**. Voltajes de corriente directa*

Instrumento	Voltajes
Sensor de temperatura infrarrojo	24v
Motores	12v
Variador de Frecuencia	110V
PLC	24v

Para la construcción de la doble fuente siendo sus voltajes 12 y 24 Vcd. (ver Figura 2 y Figura 3), se emplearon los componentes mencionados en la tabla 2:

***Tabla 2.** Componentes fuente de voltaje*

1	Transformador 24Vca
2	Puente de Diodos
8	Capacitores 1000µf - 10µf
1	Circuito integrado 7824
1	Circuito integrado 7812

Etapa de Potencia 12V	
1	Resistencia .49Ω a 5w
1	Transistor 2n3055

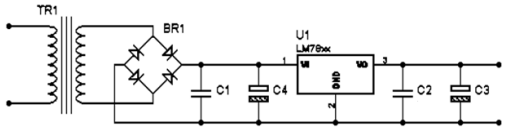

***Figura 2.** Circuito de fuente de voltaje*

***Figura 3.** Fuente de voltaje*

AUTOMATIZACIÓN.

Para la automatización del tribómetro se dispone de un PLC de la marca FESTO modelo FC660 (ver Figura 4), que tiene 3 entradas y 1 salida analógicas con una resolución de 12 bits y un rango de señal de 0 a 20mA; también cuenta con 32 entradas y 16 salidas digitales, la programación se realizó mediante el software WIN FST 4.10.

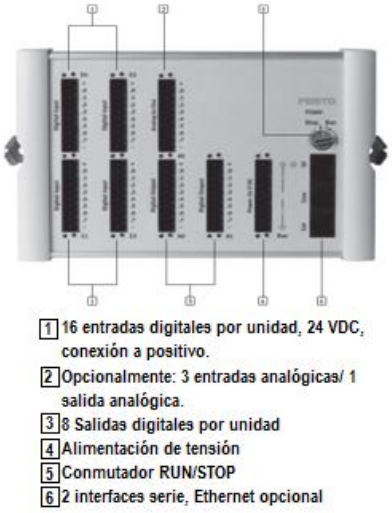
1 16 entradas digitales por unidad, 24 VDC, conexión a positivo.
2 Opcionalmente: 3 entradas analógicas/ 1 salida analógica.
3 8 Salidas digitales por unidad
4 Alimentación de tensión
5 Conmutador RUN/STOP
6 2 interfaces serie, Ethernet opcional

***Figura 4.**PLC FESTO FC660*

Para verificar el funcionamiento del PLC, se realizó un programa de prueba para realizar una comunicación con la PC, simulando todos los sensores y movimientos realizados por el tribómetro mediante interruptores y leds, como se muestra en la Figura 5, en donde se muestran los distintos interruptores utilizados y un led encendido indicando la comunicación exitosa.

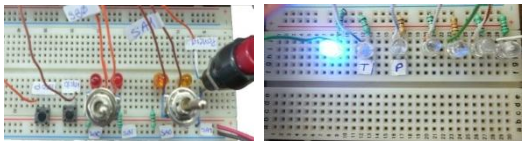

***Figura 5.** Simulación en protoboard*

El programa se realizó en diagrama escalera y consta a su vez de dos subprogramas: en el subprograma número 1 se lleva el pistón del sistema hidráulico hacia la zona de prueba, siendo ésta donde se encuentra posicionado el disco. Este subprograma termina cuando el tiempo de prueba programado ha concluido y regresa todos los elementos a condiciones iníciales; y el subprograma número 2 es el paro

 Derechos Reservados © 2013, SOMIM

de emergencia, en cualquier paso que se oprima regresan todos los elementos a condiciones iníciales.

INSTRUMENTACION ELECTRONICA.

La instrumentación electrónica es la implementación de dispositivos electrónicos con la finalidad de controlar y monitorear ciertas variables requeridas en el tribómetro teniendo como variables temperatura, fuerza o carga y posición, las cuales se describen a continuación.

TEMPERATURA.

Se utilizó el circuito integrado LM35 [3], para realizar pruebas de comunicación así como de programación de entradas analógicas en el PLC, para ello se acondiciono la señal de salida de dicho sensor de 0-10mv a 0-20 mA, (ver Figura 6) cabe mencionar que este sensor no forma parte de la instrumentación del tribómetro, pues solo se ocupó para no comprometer otros sensores con costos más elevados.

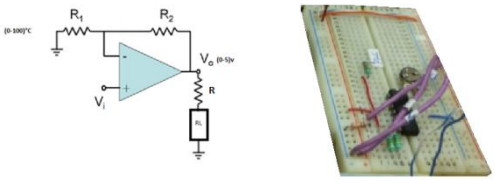

Figura6. *Acondicionamiento de señal LM35*

Una vez estudiado el comportamiento de las entradas analógicas se conectó el sensor de temperatura infrarrojo sin contacto Pyrocouple (ver Figura 7), este no necesita acondicionamiento de señal para su conexión y comunicación con el PLC, mide temperaturas desde -20 a 500°c, su rango de señal es de 4 a 20mA y su alimentación es de 24 Vcd[5].

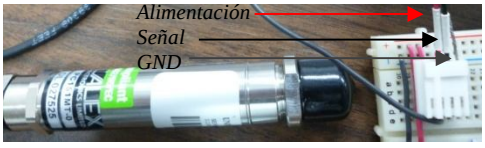

Figura 7*. Sensor pyrocuple*

Se utilizó la función SCALE, la cual tiene la finalidad de convertir los valores que registra a una determinada escala a la cual se requiera, esto con el propósito de tener una lectura en grados centígrados. (Ver Figura 8).

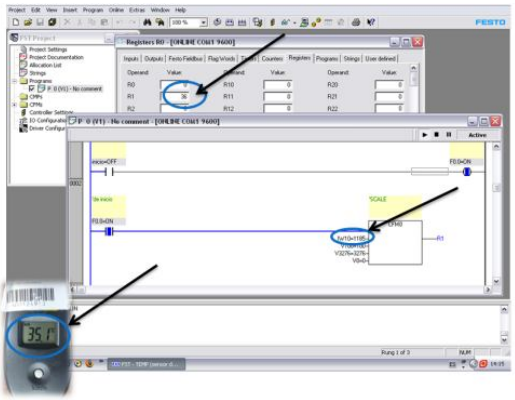

Figura 8.*Software Win FST 4.10 Programación Sensor Pyrocouple.*

CONTROL DE CARGA

El control de la fuerza o carga se realiza mediante una celda de carga junior s-beam es adecuada para la medición de tensión y compresión. Ideal para aplicaciones donde se limita el espacio disponible (ver Figura 9a), la cual se ha colocado de forma externa, para visualizar los valores mediante un "AFTI" que es un Indicador Inteligente (ver Figura 9b), este control de carga se realiza por medio de un par de botones con los cuales se podrá aplicar y retirar la carga de manera manual, ubicados en el módulo del PLC.

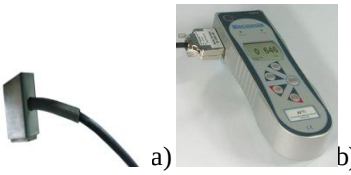
a) b)

Figura 9.*Componentes del control de fuerza* ***a)*** *Celda de carga Junios s-beam* ***b)*** *Indicador inteligente "AFTI"*

POSICIÓN.

El control de la posición se realiza utilizando dos relevadores magnéticos, cuyo funcionamiento se basa en el uso de un imán que se encuentra sujeto en la parte móvil inferior de la base que sostiene al cilindro principal (ver Figura 10), estos relevadores magnéticos están ubicados al inicio y final de carrera respectivamente, siendo el final de carrera el punto en el cual se encuentra la probeta disco a la cual se le realiza la prueba de desgaste y el inicio de carrera es el punto en el que se tiene el espacio suficiente para cambiar la probeta pin y la probeta disco.

 Derechos Reservados © 2013, SOMIM

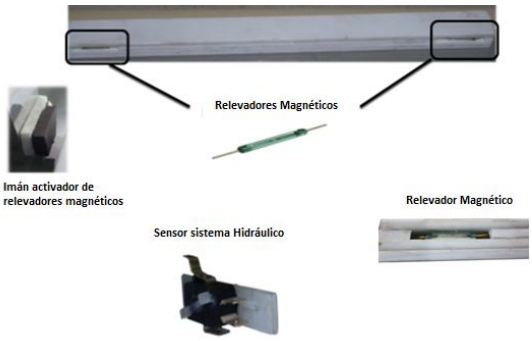

Figura 10. *Sensores de posición horizontal y vertical.*

CONTROL DE VELOCIDAD

El control de la velocidad se realiza mediante el variador de frecuencia CFW10 (ver Figura 11) de la marca WEG [6], este equipo tiene la ventaja de contar con una alimentación monofásica y su salida es trifásica.

La conexión entre PLC y el variador de frecuencia se realizó de manera directa, sin necesidad de acondicionar la señal puesto que tiene opción para modo remoto, de esta manera se controla la velocidad del experimento con solo ingresar en el programa el valor al cual se quiere trabajar.

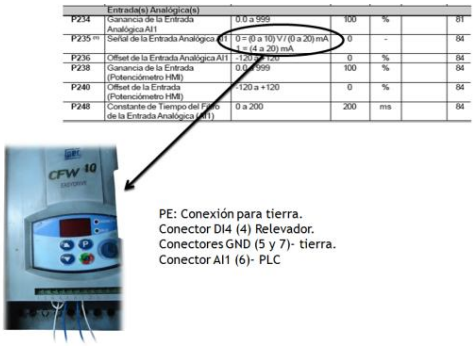
Entrada(s) Analógica(s)
P234 Ganancia de la Entrada Analógica AI1 0.0 a 999 100 % 84
P235 (1) Señal de la Entrada Analógica AI1 0 = (0 a 10) V / (0 a 20) mA 1 = (4 a 20) mA 0 - 84
P236 Offset de la Entrada Analógica AI1 -120 a +120 0 % 84
P238 Ganancia de la Entrada (Potenciómetro HMI) 0.0 a 999 100 % 84
P240 Offset de la Entrada (Potenciómetro HMI) -120 a +120 0 % 84
P248 Constante de Tiempo del Filtro de la Entrada Analógica AI1 0 a 200 200 ms 84
CFW 10
PE: Conexión para tierra.
Conector DI4 (4) Relevador.
Conectores GND (5 y 7)- tierra.
Conector AI1 (6)- PLC

Figura 11.*Variador de Frecuencia*

Para controlar el sentido de movimiento de los motores de corriente directa se creó un circuito de relevadores, con lo cual se logra el desplazamiento tanto vertical como horizontal del tribómetro (ver Figura 12).

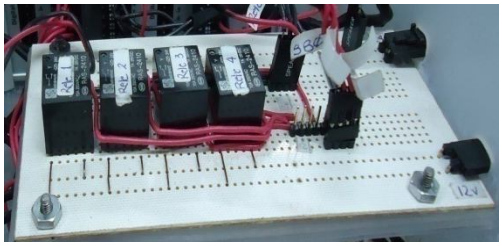

Figura 12.*Circuito inversor de sentido de giro de motores de CD*

DESCRIPCIÓN DE LA "PRUEBA DE DESGASTE"

A continuación se describe la secuencia de operación para la prueba de desgaste en el tribómetro Pin sobre disco. En la Tabla 3se muestran los elementos que participan en dicha secuencia.

Cuando se presiona el botón de INICIO, se activa una bandera que genera una señal si se han detectado las condiciones iníciales de la prueba, solo así se generara la señal del RELE1 que activa el MOTOR1 (motor que mueve el pin hasta la posición del disco de manera horizontal), cuando el pin llega hasta el punto indicado donde se encuentra el disco, detecta SA1 (o switch de final de carrera) esto genera que el RELE1 se apague deteniendo el MOTOR1. (Ver figura 13).

A continuación se procede a presionar el BOTON1 encargado de mover el MOTOR2 (o motor del sistema hidráulico) haciendo que el pin incida de manera perpendicular en el disco, este botón se presiona de manera constante hasta que en el indicador inteligente marque la presión deseada, en ese momento, se presiona el BOTON3, con este botón se acepta la presión que se acaba de ingresar manualmente, si por alguna razón se llegara a aplicar más carga de la deseada se oprime el BOTON2 encargado de elevar el pin, liberando la carga aplicada.

Cuando se confirma la carga se activa el variador de frecuencia, que es el encargado de controlar las revoluciones del experimento, antes de iniciar la prueba se programa en el software el valor de giro del motor y el tiempo en el cual se lleva a cabo la prueba.

Cuando el temporizador finaliza su función, se activa el sensor infrarrojo de temperatura que guarda en un registro la temperatura crítica de la prueba y se activa el REL3 encargado de mover el MOTOR2 que subirá el pin eliminando la carga y detectando a SB0 (sensor de inicio de carrera vertical).

Cuando se detecte SA1 y SB0, se activa el RELE4 que hace funcionar el MOTOR1

 Derechos Reservados © 2013, SOMIM

regresando el sistema a las condiciones iníciales, concluyéndose así la prueba.
El tribómetro tiene el botón de STOP y PARO DE EMERGENCIA, el primero activa a un subprograma que regresa todo a condiciones iníciales, mientras que el botón PARO DE EMERGENCIA detiene la prueba hasta que se vuelva a oprimir el botón de inicio [2].

Tabla 3. *Lista de Instrucciones "prueba de desgaste"*

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA LABORATORIO DE TRIBOLOGIA E INGENIERIA DE MATERIALES		
DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS		
TRIBOMETRO PIN SOBRE DISCO		
DIRECCION		SEÑAL
No. DE BIT	DESCRIPCION	TIPO
I3.0	BOTON DE INICIO	E. DIGITAL
I3.1	SA0 SENSOR INICIO CARRERA HORIZONTAL	E. DIGITAL
I3.2	SA1 SENSOR FINAL CARRERA HORIZONTAL	E. DIGITAL
I3.3	SB0 SENSOR INICIO CARRERA VERTICAL	E. DIGITAL
I3.4	SB1 SENSOR FINAL DE CARRERA V. AUXILIAR	E. DIGITAL
I3.5	PARO DE EMERGENCIA	E. DIGITAL
I3.6	PARO TOTAL	E. DIGITAL
I3.7	CARGA APLICADA	E. DIGITAL
I2.0	DISPONIBLE	E. DIGITAL
I2.1	DISPONIBLE	E. DIGITAL
I2.2	DISPONIBLE	E. DIGITAL
I2.3	DISPONIBLE	E. DIGITAL
I2.4	DISPONIBLE	E. DIGITAL
I2.5	DISPONIBLE	E. DIGITAL
I2.6	APLICACION DE CARGA	E. DIGITAL
I2.7	ELIMINACION DE CARGA	E. DIGITAL
O0.0	RELE1 MOV HORIZONTAL<-	S. DIGITAL
O0.1	RELE2 MOV VERTICAL DESCENDENTE	S. DIGITAL
O0.2	RELE3 MOV VERTICAL ASCENDENTE	S. DIGITAL
O0.3	RELE4 MOV HORIZONTAL->	S. DIGITAL
O0.4	FUERZA FOCO INDICADOR	S. DIGITAL
O0.5	TEMPERATURA FOCO INDICADOR	S. DIGITAL
O0.6	VELOCIDAD FOCO INDICADOR	S. DIGITAL
O0.7	REGRESO HIDRAULICO	S. DIGITAL
1W10	TEMPERATURA	E. ANALOGICA
0W10	RPM	S. ANALOGICA
F0.0	CONDICION DE INICIO	BANDERA
F0.1	CONDICION 1	BANDERA
F0.2	CONDICION 2	BANDERA
F0.3	CONDICION 3	BANDERA
F0.4	CONDICION 4	BANDERA
F0.5	CONDICION 5	BANDERA
F0.6	CONDICION 6	BANDERA
F0.7	CONDICION 7	BANDERA
F0.8	CONDICION 8	BANDERA
F0.9	CONDICION 9	BANDERA
F1.0	CONDICION 10	BANDERA
F1.1	CONDICION 11	BANDERA
F1.2	CONDICION 12	BANDERA
R1	REGISTRO DE TEMPERATURA	REGISTRO
R2	RTEMPERATURA REAL	REGISTRO
R3	REVOLUCIONES	REGISTRO
T0	DESENERGIZAR	TEMPORIZADOR
T1	TIEMPO DE PRUEBA	TEMPORIZADOR
T2	DESENERGIZAR	TEMPORIZADOR
T4	DESENERGIZAR	TEMPORIZADOR
C0	CONTADOR DE TIEMPO	CONTADOR

Figura 13.*Win FST programa "prueba de desgaste"*

Una vez que se completó la calibración y ajuste de los diferentes sistemas y sensores con los que cuenta el equipo, se procedió a realizar unas pruebas de funcionalidad. Para ello se establecieron los siguientes experimentos:

A) Se establecieron valores constantes de carga y velocidad, equivalentes a 20 N y 200 RPM, respectivamente y se operó el equipo, considerando intervalos de tiempo de 1, 5 y 15 minutos. Con el fin de verificar el comportamiento del equipo bajo condiciones mínimas de operación.

B) Los valores de carga mínima fueron (20 N) y velocidad moderada (400 RPM) y se operó el equipo, considerando intervalos de tiempo de 1, 5 y 15 minutos. Con el fin de verificar el comportamiento del equipo bajo condición de carga mínima y velocidad moderada.

C) Con los valores de carga mínima (20 N) y velocidad máxima (600 RPM) y se operó el equipo, considerando intervalos de tiempo de 1, 5 y 15 minutos. Con el fin de verificar el comportamiento del equipo bajo condición de carga mínima y velocidad máxima.

D) Se probó con valores constantes de carga y velocidad, equivalentes a 50 N y 200 RPM, respectivamente y se operó el equipo, considerando intervalos de tiempo de 1, 5 y 15 minutos. Con el fin de verificar el comportamiento del equipo bajo condiciones de máxima carga y mínima velocidad.

E) Se usaron valores de carga máxima (50 N) y velocidad moderada (400 RPM) y se operó el equipo, considerando intervalos de tiempo de 1, 5 y 15 minutos. Con el fin de verificar el

 Derechos Reservados © 2013, SOMIM

comportamiento del equipo bajo condición de carga máxima y velocidad moderada.

F) Se establecieron valores de carga máxima (50 N) y velocidad máxima (600 RPM) y se operó el equipo, considerando intervalos de tiempo de 1, 5 y 15 minutos. Con el fin de verificar el comportamiento del equipo bajo condición máximas de operación.

Se puede observar un ejemplo de uno de los experimentos realizados en la figura 14.

Figura 14.*Disco desgastado después de realizar el ensayo*

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de las pruebas instrumentadas se resumen en la tabla 4, donde se puede apreciar que de acuerdo con las condiciones establecidas en los ensayos tribológicos realizados, el tribómetro presentó un funcionamiento estable.

Tabla 4 *Reporte de Funcionalidad del Tribómetro*

Carga (N)	Velocidad (RPM)	Tiempo (min)	Temp. Contacto (°C)	Observaciones
20	200	1	18	Funcionamiento estable
		5	18	Funcionamiento estable
		15	18	Funcionamiento estable
20	400	1	21	Funcionamiento estable
		5	19	Funcionamiento estable
		15	22	Funcionamiento estable
20	600	1	21	Funcionamiento estable
		5	21	Funcionamiento estable
		15	21	Funcionamiento estable
50	200	1	22	Funcionamiento estable
		5	22	Funcionamiento estable
		15	22	Funcionamiento estable
50	400	1	22	Funcionamiento estable
		5	23	Funcionamiento estable
		15	28	Funcionamiento estable
50	600	1	26	Funcionamiento estable
		5	33	Funcionamiento estable
		15	33	Funcionamiento estable

Adicionalmente, se procedió a correr una prueba de desgaste, de acuerdo al procedimiento descrito anteriormente, para ello se ajustaron las siguientes condiciones de operación en el tribómetro: Velocidad 400 RPM, Carga 50 N y un tiempo de prueba de 15 minutos. Se utilizaron discos y pines cilíndricos ambos de acero inoxidable AISI 316. Los resultados de la prueba de desgaste se muestran en la tabla 5.

Tabla 5 *Resultados de la prueba de desgaste*

	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3	
	Disco	Pin	Disco	Pin	Disco	Pin
Masa Inicial (gr)	18.256	3.081	18.458	2.986	17.757	3.039
Masa Final (gr)	18.2408	3.0658	18.4433	2.9713	17.7393	3.0253
Desgaste Gravimétrico (gr)	0.03037		0.02934		0.0314	
Desgaste Volumétrico (mm3)	3.7968		3.6687		3.925	
Media	3.7968					
Desviación estándar	0.1513					
Coeficiente de Variabilidad	3.9%					

Esta prueba nos proporciona indicadores del degaste gravimétrico (gr) y volumétrico (mm^3) involucrado en el contacto entre las probetas ensayadas con la finalidad de evaluar la resistencia al desgaste de los materiales.

Como se puede observar en la tabla 5, los resultados del desgaste obtenidos teniendo en cuenta los criterios de la teoría de diseño de experimentos, la cual recomienda para un tamaño de muestra 3 y un nivel de confianza del 95% y considerando un error relativo de +/- 5%, corresponde un coeficiente de variabilidad aceptable del 4%, por lo cual podemos verificar que la repetibilidad de los ensayos realizados en este tribómetro son confiables, ratificando con ello su funcionalidad.

CONCLUSIONES

En este proyecto se configuró el hardware y se diseñó el programa para la automatización, mediante el PLC FESTO FC660, del tribómetro pin sobre disco. Este equipo permite el desarrollo de ensayos tribológicos de materiales, aceites lubricantes y aditivos.

Con base en los resultados alcanzados en las diferentes pruebas realizadas en el tribómetro pin sobre disco, se refleja el aporte de la automatización en lo que respecta a la precisión en la medición y control de los parámetros involucrados en el ensayo, así como en la confiabilidad de los resultados tribológicos obtenidos. Contribuyendo con este prototipo al desarrollo de tecnología tribológica propia accesible para la investigación y la industria.

ISBN 978-607-95309-9-0 Derechos Reservados © 2013, SOMIM

AGRADECIMIENTOS

El proyecto se realizó con el apoyo del Fondo Mixto de Gobierno del Estado de Veracruz-CONACyT(FOMIX VERACRUZ) mediante el proyecto 127966.

REFERENCIAS

(1) P.A. Daneri, "PLC. Automatización y Control Industrial", HASA, Buenos Aires, 1ª Ed., 2008.

(2) N. González, "Instrumentación Electrónica y Automatización mediante un PLC FEC FC660, del tribómetro pin sobre disco", tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Xalapa 2013.

(3) Datasheet LM35 Precision Centigrade Temperature, National Semiconductor Corporation.

(4) FEC standard FESTO manual de usuario.

(5) Sensor infrarrojo sin contacto PyroCouple manual de usuario.

(6) Convertidores de Frecuencia WEG CFW-10 manual de usuario.

(7) E. Mandonado, J. M. Acevedo, C. Fernández y J. I. Armesto. "Autómatas Programables y Sistemas de Automatización".Marcombo, Barcelona 2da Ed., 2009.

(8) ASTM Standarsds, ASM Handbooks, Friction and Wear Testing.

(9) F. Chávez "La Tribología: Ciencia y Técnica Para el Mantenimiento", Limusa, 2002.

 Derechos Reservados © 2013, SOMIM